

**Контрольно-измерительные материалы
по дисциплине «Химия»
для специальности «Лечебное дело»**

ЗАНЯТИЕ № 4

Тема: Водородный показатель. Буферные растворы. Определение рН растворов электролитов.

I. Вопросы для контроля усвоения темы занятия:

1. Электролитическая диссоциация воды, константа автопротолиза воды.
2. Активность ионов и её связь с концентрацией раствора. Коэффициент активности.
3. Водородный показатель рН как мера активной реакции среды.
4. Буферные растворы. Механизм буферного действия. Связь рН буферных растворов с их составом. Буферная емкость.
5. Потенциометрические методы анализа.
6. Химические источники тока (гальванические элементы), их виды. Электроды, полуэлементы, цепи. Электродвижущая сила (ЭДС), её связь с энергией Гиббса протекающей в элементе реакции.
7. Электродные потенциалы. Контактный и диффузионный потенциалы и способы сведения их к минимуму.
8. Уравнения Нернста для расчета электродных потенциалов и для расчета ЭДС.
9. Обратимые электроды 1-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Примеры. Водородный электрод, его применение в качестве стандартного.
10. Обратимые электроды 2-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Хлоридсеребряный и каломельный электроды. Устройство и применение в качестве электродов сравнения.
11. Ионоселективные электроды. Стекланный электрод (устройство и применение). Принципиальное устройство рН-метра. Потенциометрическое определение рН.
12. Концентрационные гальванические элементы и их применение для определения растворимости труднорастворимых солей.
13. Окислительно-восстановительные электроды и гальванические элементы. Применение их для расчета констант равновесия окислительно-восстановительных реакций.

**II. Вопросы для подготовки к следующему занятию по теме:
«Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье. Влияние изменения
концентрации веществ и температуры на сдвиг химического равновесия».**

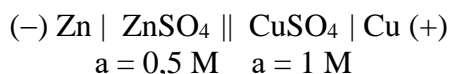
1. Понятие обратимые и необратимые реакции. Абсолютно необратимые и практически необратимые реакции.
2. Химическое равновесие. Константа равновесия.
3. Понятие "смещение" или "сдвиг" химического равновесия. Факторы, влияющие на смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье.

III. Варианты индивидуального письменного задания.

Вариант 1

Задача 1. Рассчитайте pH раствора, если активность гидроксид-ионов в нем равна $3 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента



рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов 0,5 М уксусной кислоты и 0,2 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с $\text{pH} = 3,2$.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 50 мл, если при титровании его раствором HCl ($C = 2$ моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 17,8 мл HCl.

Вариант 2

Задача 1. Рассчитайте pOH раствора, если активность ионов водорода в нем равна $7 \cdot 10^{-9}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Pb} | \text{Pb}^{2+} (a=0,02) | \text{Ag}^+ (a=0,2) | \text{Ag}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Вычислите pH буферного раствора, полученного смешением равных объемов 0,2 М раствора аммиака и 0,2 М раствора хлорида аммония. Чему равны концентрации ионов H^+ и OH^- в этом растворе?

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором HCl ($C = 1$ моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 7,8 мл HCl.

Вариант 3

Задача 1. Рассчитайте pH раствора и активность гидроксид-ионов, если активность ионов водорода равна $2,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Fe} | \text{Fe}^{2+} (a=0,01) | \text{Ni}^{2+} (a=0,1) | \text{Ni}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с $\text{pH} = 2,5$ ($\text{pK}_a = 4,75$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 40 мл, если при титровании его раствором NaOH ($C = 2$ моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 9,7 мл NaOH.

Вариант 4

Задача 1. Рассчитайте pOH раствора и активность ионов водорода, если активность гидроксид-ионов в нем равна $6,3 \cdot 10^{-10}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Al} | \text{Al}^{3+} (a=0,005) | \text{Cr}^{3+} (a=0,02) | \text{Cr}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с $\text{pH} = 8$ ($\text{pK}_a = 4,75$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 10 мл, если при титровании его раствором NaOH ($C = 0,1$ моль/л) для сдвига pH на единицу потребовалось 12,5 мл NaOH.

Вариант 5

Задача 1. Рассчитайте рН раствора, если активность гидроксид-ионов в нем равна $8,2 \cdot 10^{-11}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Mg}|\text{Mg}^{2+} (a=0,008) || \text{Ni}^{2+} (a=0,005)|\text{Ni}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов 0,3 М уксусной кислоты и 0,4 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с $\text{pH} = 4,5$.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором HCl ($C = 0,2$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 6,3 мл HCl .

Вариант 6

Задача 1. Рассчитайте рОН раствора, если активность ионов водорода в нем равна $1,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Ni}|\text{Ni}^{2+} (a=0,05) || \text{Pb}^{2+} (a=0,03)|\text{Pb}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с $\text{pH} = 3,4$ ($\text{pK}_a = 4,75$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 50 мл, если при титровании его раствором NaOH ($C = 2$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 15,2 мл NaOH .

Вариант 7

Задача 1. Рассчитайте рН раствора и активность гидроксид-ионов, если активность ионов водорода равна $4,6 \cdot 10^{-7}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+} (a=0,004) || \text{Cd}^{2+} (a=0,02)|\text{Cd}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с $\text{pH} = 7,4$ ($\text{pK}_a = 4,75$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором HCl ($C = 0,1$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 11,7 мл HCl .

Вариант 8

Задача 1. Рассчитайте рОН раствора и активность ионов водорода, если активность гидроксид-ионов в нем равна $3,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Cr}|\text{Cr}^{3+} (a=0,1) || \text{Sn}^{2+} (a=0,06)|\text{Sn}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов 0,3 М уксусной кислоты и 0,1 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с $\text{pH} = 3,7$.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 30 мл, если при титровании его раствором NaOH ($C = 0,5$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 13,6 мл NaOH .

Вариант 9

Задача 1. Рассчитайте рН раствора, если активность гидроксид-ионов в нем равна $5,6 \cdot 10^{-8}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Mn}|\text{Mn}^{2+} (a=0,5) |\text{Fe}^{2+} (a=0,3)|\text{Fe}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Вычислите рН буферного раствора, полученного смешением равных объемов 0,02 М раствора аммиака и 0,002 М раствора хлорида аммония ($K_b = 1,77 \cdot 10^{-5}$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 10 мл, если при титровании его раствором HCl ($C = 1,5$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 2,6 мл HCl .

Вариант 10

Задача 1. Рассчитайте рОН раствора, если активность ионов водорода в нем равна $1,7 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Sn}|\text{Sn}^{2+} (a=0,006) |\text{Pb}^{2+} (a=0,004)|\text{Pb}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с рН = 3,8 ($pK_a = 4,75$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 30 мл, если при титровании его раствором NaOH ($C = 1$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 8,4 мл NaOH .

Вариант 11

Задача 1. Рассчитайте рН раствора и активность гидроксид-ионов, если активность ионов водорода равна $9,2 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Fe}|\text{Fe}^{2+} (a=0,05) |\text{Cu}^{2+} (a=0,2)|\text{Cu}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с рН = 6,7 ($pK_a = 4,75$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 40 мл, если при титровании его раствором NaOH ($C = 1,5$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 18,3 мл NaOH .

Вариант 12

Задача 1. Рассчитайте рОН раствора и активность ионов водорода, если активность гидроксид-ионов в нем равна $7,5 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Ni}|\text{Ni}^{2+} (a=0,2) |\text{Ag}^+ (a=0,5)|\text{Ag}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с рН = 4,3 ($pK_a = 4,75$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором HCl ($C = 0,1$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 16,5 мл HCl .

Вариант 13

Задача 1. Рассчитайте рН раствора, если активность гидроксид-ионов в нем равна $5,2 \cdot 10^{-8}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Fe}|\text{Fe}^{3+} (a=0,005) | \text{Cr}^{3+} (a=0,03)|\text{Cr}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов 0,25 М уксусной кислоты и 0,4 М ацетата натрия, необходимые для приготовления 10 мл буферного раствора с рН = 4,62.

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 30 мл, если при титровании его раствором NaOH ($C = 1$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 12,6 мл NaOH.

Вариант 14

Задача 1. Рассчитайте рОН раствора, если активность ионов водорода в нем равна $3,1 \cdot 10^{-12}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Mn}|\text{Mn}^{2+} (a=0,07) | \text{Sn}^{2+} (a=0,15)|\text{Sn}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с рН = 6,2 ($\text{pK}_a = 4,75$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 10 мл, если при титровании его раствором HCl ($C = 1,2$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 3,7 мл HCl.

Вариант 15

Задача 1. Рассчитайте рН раствора и активность гидроксид-ионов, если активность ионов водорода равна $7,7 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Cu}|\text{Cu}^{2+} (a=0,3) | \text{Ag}^{+} (a=0,04)|\text{Ag}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Вычислите рН буферного раствора, полученного смешением равных объемов 0,005 М раствора угольной кислоты и 0,002 М раствора гидрокарбоната натрия ($\text{K}_a = 4,4 \cdot 10^{-7}$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 20 мл, если при титровании его раствором NaOH ($C = 0,2$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 13,2 мл NaOH.

Вариант 16

Задача 1. Рассчитайте рОН раствора и активность ионов водорода, если активность гидроксид-ионов в нем равна $2,8 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Задача 2. Для гальванического элемента $\text{Cr}|\text{Cr}^{3+} (a=0,0004) | \text{Ni}^{2+} (a=0,005)|\text{Ni}$ рассчитайте потенциалы обоих электродов с учетом активности ионов (a). Укажите, какой из электродов будет более положительным и вычислите ЭДС элемента при 25°C .

Задача 3. Рассчитайте объемы растворов уксусной кислоты и ацетата натрия (с одинаковой концентрацией), необходимые для приготовления 20 мл буферного раствора с рН = 5,7 ($\text{pK}_a = 4,75$).

Задача 4. Рассчитайте буферную емкость раствора объемом 30 мл, если при титровании его раствором HCl ($C = 0,5$ моль/л) для сдвига рН на единицу потребовалось 5,6 мл HCl.

Стандартные электродные потенциалы в водных растворах при 25°C

Электрод	E°, В	Электрод	E°, В
Mg Mg ²⁺	-2.363	Sn Sn ²⁺	-0.136
Al Al ³⁺	-1.662	Pb Pb ²⁺	-0.126
Mn Mn ²⁺	-1.18	Fe Fe ³⁺	-0.036
Zn Zn ²⁺	-0.763	Cu Cu ²⁺	+0.337
Cr Cr ³⁺	-0.744	Ag Ag ⁺	+0.799
Fe Fe ²⁺	-0.440	Hg Hg ₂ Cl ₂ ;Cl ⁻ (насыщ.)	+0.2415
Cd Cd ²⁺	-0.403	Ag AgCl;Cl ⁻ (насыщ.)	+0.222
Ni Ni ²⁺	-0.250		

IV. Задание для выполнения лабораторной работы

Потенциометрическое определение pH растворов и буферной емкости.

Цель работы: измерение водородного показателя (pH) растворов при помощи потенциометрического и колориметрического методов; определение величины буферной ёмкости буферного раствора.

Целевые задачи: приготовление буферных растворов с заданными значениями pH, освоение методики работы на pH-метре и определение достоверности его показаний; сравнение достоинств и недостатков колориметрического и потенциометрического методов определения pH растворов; умение определять буферную ёмкость растворов по кислоте и щёлочи графическим способом.

Оснащение рабочего места.

pH-метр
 Стаканы на 50 мл
 Бюретки на 25 мл
 Универсальная индикаторная бумага
 Эталонные буферные растворы
 Реактивы для приготовления буферных растворов
 Растворы HCl и NaOH (0,1 н.).

Проведение опыта.

1. Проверить оснащение рабочего места.
2. Приготовить буферный раствор по указанию преподавателя.
3. Рассчитать pH данного буферного раствора по уравнению:

$$pH_{\text{буф.р-ра}} = pK_a + \lg \frac{V_{\text{сопр. осн.}} \cdot C_{\text{сопр. осн.}}}{V_{\text{сопр. к.}} \cdot C_{\text{сопр. к.}}}$$

4. Определить pH буферного раствора с помощью универсальной индикаторной бумаги.
5. Прочитать инструкцию к прибору.
6. Включить pH-метр и проверить правильность его работы, измерив pH эталонных буферных растворов.
7. Измерить pH приготовленного буферного раствора потенциометрическим методом.
8. Полученные данные показать преподавателю и занести в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты определения рН буферного раствора

Название буферного раствора		
Состав буферного раствора	Компоненты	Объём (мл)
	1.	
	2.	
Значение рН	Рассчитанное теоретически	
	Колориметрическим методом	
	Потенциометрическим методом	
a_{H^+} , моль/л		

9. Рассчитать активность водородных ионов в растворе по результатам потенциометрических измерений:

$$a_{H^+} = 10^{-pH}$$

10. Результаты занести в таблицу 1.

11. Приготовить два одинаковых образца по 20 мл буферного раствора, указанного преподавателем.

Таблица 2 – Значения рН раствора при добавлении к нему основания и кислоты

Название буферной смеси и ее состав:							
V_{NaOH} , мл	рН	V_{NaOH} , мл	рН	V_{HCl} , мл	рН	V_{HCl} , мл	рН
0		11		0		11	
1		12		1		12	
2		13		2		13	
3		...		3		...	

12. Погрузить электроды в стакан с первой порцией исследуемого буферного раствора и измерить его рН.

13. Прилить к буферному раствору из бюретки 1 мл 0,1 н. раствора NaOH, после чего вновь измерить рН раствора.

14. Продолжать приливать из бюретки раствор NaOH порциями по 1 мл, каждый раз измеряя и записывая величины рН до тех пор, пока рН изменится больше, чем на единицу по сравнению с исходным значением.

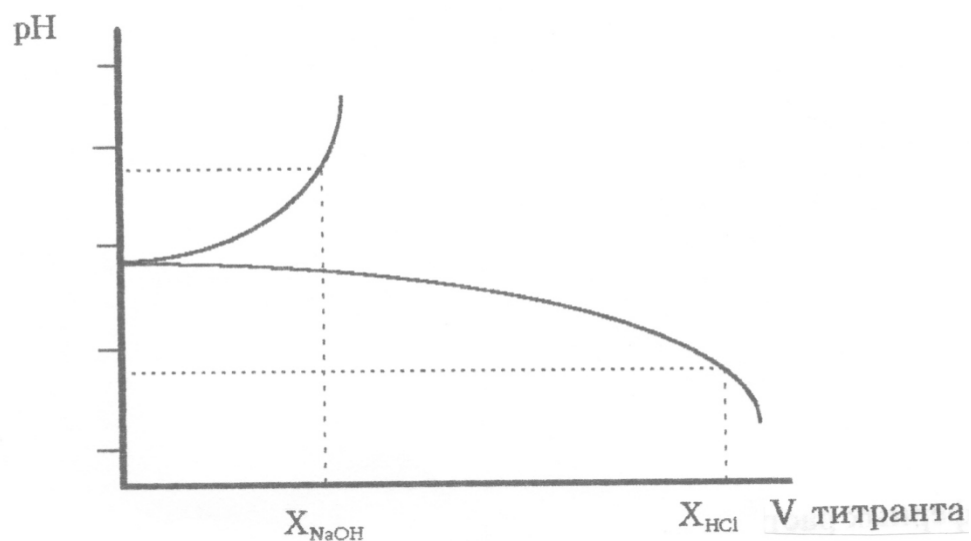
15. Произвести аналогичные измерения с другой порцией исходного буферного раствора, добавляя к нему 0,1 н. раствор HCl.

16. После проверки экспериментальных данных у преподавателя занести их в таблицу 2.

17. Выключить прибор, опустив электроды в стакан с дистиллированной водой.

18. Привести в порядок рабочее место и сдать его дежурному.

19. Построить графики зависимости рН раствора от объёма прибавленных растворов основания и кислоты. Определить по графику точные объёмы (в мл) растворов титрантов (X_{NaOH} и X_{HCl}), необходимые для изменения рН раствора на единицу.



20. Рассчитать буферную ёмкость V раствора по NaOH и по HCl по уравнениям:

$$V_{\text{NaOH}} = \frac{X_{\text{NaOH}} \cdot C_{\text{NaOH}}}{V_{\text{БР}}}$$

$$V_{\text{HCl}} = \frac{X_{\text{HCl}} \cdot C_{\text{HCl}}}{V_{\text{БР}}}$$

где C - концентрация титранта, моль-экв/л; $V_{\text{БР}}$ - объём исходного буферного раствора, взятый для опыта, мл.

21. Сформулировать выводы.